ГОСТ Р 51282—99

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СТАРТОВЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Нормы проектирования и испытаний

БЗ 6—97/200

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Конструкторским бюро транспортного машиностроения

ВНЕСЕН Центральным научно-исследовательским институтом машиностроения Российского космического агентства

2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта Российской Федерации от 21 мая 1999 г. № 172

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ИПК Издательство стандартов, 1999

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта России

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СТАРТОВЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Нормы проектирования и испытаний

Launching and technical complexes technological equipment for rocket-space complexes. Designing and test norms

Дата введения 2000—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на агрегаты технологического оборудования (далее — агрегаты), входящие в состав стартовых и технических комплексов ракетно-космических комплексов. Агрегаты предназначены для:

- выполнения операций хранения, транспортирования, перегрузки, стыковки, отстыковки, кантования, установки на пусковой стол и обеспечения пуска ракет космического назначения;
- проведения необходимых технологических рабочих операций и обслуживания в процессе подготовки ракет космического назначения и их составных частей от поступления на технические комплексы и стартовые комплексы до пуска.

Стандарт устанавливает основные нормативы и требования к расчетам устойчивости положения, прочности, деформативности, а также к силовым испытаниям (как в процессе изготовления, так и при эксплуатации) и уровням механических воздействий, передаваемых на ракету космического назначения со стороны агрегатов.

Стандарт не распространяется на:

- системы заправки;
- тяговые средства общепромышленного назначения;
- оборудование, для которого имеется нормативная документация по стандартизации, содержащая нормы проектирования и испытаний и принятая в установленном порядке.

2 Определения, обозначения и сокращения

2.1 Определения

В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

1 **технологическое оборудование ракетно-космического комплекса (ТО):** Совокупность подвижных и стационарных технических средств, предназначенных для выполнения операций с ракетой космического назначения и ее составными частями в период ее эксплуатации, а также для эксплуатации самих этих средств, размещенных на технической и стартовой позициях

2 **стартовый комплекс ракетно-космического комплекса (СК):** Совокупность технологически и функционально взаимосвязанных подвижных и стационарных технических средств, средств управления и сооружений, предназначенных для обеспечения и проведения всех видов работ с ракетами космического назначения (РКН) и (или) их составными частями с момента поступления РКН на стартовую позицию ракетно-космического комплекса (РКК) до их пуска, а при несостоявшемся пуске РКН — до момента начала транспортирования со стартовой позиции РКК

Издание официальное
★

3 **технический комплекс ракетно-космического комплекса (ТС):** Совокупность технологически и функционально взаимосвязанных подвижных и стационарных технических средств и сооружений, предназначенных для проведения предусмотренного эксплуатационной документацией цикла работ на орбитальных средствах и средствах их выведения до вывоза РКН на стартовую позицию РКК

4 **ракетно-космический комплекс (РКК):** Совокупность комплексов ракеты-носителя, разгонного блока и космического аппарата, предназначенная для запуска орбитального средства

5 **ракета космического назначения (РКН):** Совокупность ракеты-носителя и космической головной части

6 **нагружение:** Совокупность действующих на конструкцию нагрузок, вызывающих в этой конструкции соответствующие напряжения и деформации

7 **метод допускаемых нагружений:** Метод расчета, в котором работоспособность конструкции оценивается величиной допускаемых напряжений или допускаемых нагрузок

8 **критериальное нагружение:** Уровень нагружения, при превышении которого не обеспечивается хотя бы один из критериев работоспособности

9 **деформативность:** Свойство конструкции, характеризующее ее деформацию от воздействия нагрузок

10 **эквивалентная статическая нагрузка:** Статическая нагрузка, заменяющая динамическую при статическом представлении динамического процесса

11 **нормальные условия работы агрегата:** Условия работы агрегата, при которых он технически исправен, работает в условиях, заданных ТЗ, и обслуживается обученным персоналом, действующим в соответствии с инструкцией по эксплуатации

12 **устойчивость положения:** Свойство агрегата,свободно установленного на опорной поверхности и подверженного действию сил гравитации, сохранять свое положение при внешнем силовом воздействии.

2.2. Буквенные обозначения, применяемые в настоящем стандарте

Характеристики материала

KCU — ударная вязкость;

δ — относительное удлинение;

$\sigma_в$ — предел прочности материала;

$\sigma_т$ — предел текучести материала при растяжении;

$\sigma_{вын}$ — предел выносливости стали при неограниченном числе циклов нагружения;

$\sigma'_{вын}$ — предел выносливости стали при ограниченном числе циклов нагружения;

$\tau_{вын}$ — предел выносливости материала при кручении (срезе);

$\tau_т$ — предел текучести материала при срезе (кручении).

σ'_{-1} — предел выносливости материала при симметричном цикле, определяемый с учетом числа циклов нагружения за весь срок эксплуатации агрегата.

Внутренние и внешние силовые факторы:

R — расчетное нагружение агрегата или его составных частей;

$[R]$ — предельно допустимое нагружение агрегата или его составных частей;

$R_п$ — критериальное нагружение, превышение которого приводит к потере работоспособности агрегата;

$M_{восст}$ — восстанавливающий момент относительно рассматриваемого ребра опрокидывания от веса составных частей агрегата, а также от веса груза, если груз создает восстанавливающий момент;

$M_{опр}$ — суммарный опрокидывающий момент относительно рассматриваемого ребра опрокидывания от всех сил, стремящихся опрокинуть агрегат, в том числе и от веса груза, когда груз создает опрокидывающий момент;

P — расчетная нагрузка (усилие или момент);

$[P]$ — допускаемая нагрузка при расчете в упругой области;

$P_т$ — критериальная нагрузка, соответствующая появлению напряжений, равных пределу текучести, в отдельных точках сечения;

$P_{исп}$ — испытательная нагрузка;

$P_{ав}$ — критериальная нагрузка для аварийного случая, при превышении которой может произойти разрушение конструкции;

$[P_{ав}]$ — допускаемая нагрузка для аварийного случая;

$P_{кр}$ — критическая нагрузка;

$P_{пл}$ — критериальная нагрузка, соответствующая появлению напряжений, равных пределу текучести, по всему сечению;

$[P_{пл}]$ — допускаемая нагрузка при работе в упруго-пластической области;

$P_{сж}$ — расчетное сжимающее усилие;

$P_{сц}$ — равнодействующая сил сцепления, препятствующих скольжению агрегата или его составных частей;

$P_{сдв}$ — равнодействующая сил, сдвигающих агрегат или его составные части;

p — расчетное давление;

$p_{исп}$ — испытательное давление;

q — расчетное удельное давление;

$[q]$ — допускаемое удельное давление;

$S_к$ — расчетное усилие в канате;

$[S_к]$ — допускаемое усилие в канате;

$S_{разр}$ — разрывное усилие каната в целом;

σ — расчетное нормальное (приведенное) напряжение;

$\sigma_{экв}$ — расчетное эквивалентное напряжение;

$[\sigma]$ — допускаемое нормальное (приведенное) напряжение при работе в упругой области;

$\sigma_{кр}$ — критическое нормальное напряжение;

$[\sigma_{пл}]$ — допускаемое нормальное (приведенное) напряжение при расчете в упругопластической области;

$\sigma_{сж}$ — расчетное напряжение сжатия;

$[\sigma_{сж}]$ — допускаемое напряжение сжатия;

τ — расчетное касательное напряжение;

$[\tau]$ — допускаемое касательное напряжение при расчете в упругой области;

$\tau_{кр}$ — критическое касательное напряжение;

$\tau_{ср}$ — расчетное напряжение среза;

$\sigma_ц$ — расчетное нормальное напряжение при расчете циклической прочности;

$[\sigma_ц]$ — допустимое нормальное напряжение при расчете циклической прочности;

$\tau_ц$ — расчетное касательное напряжение при расчете циклической прочности;

$[\tau_ц]$ — допустимое касательное напряжение при расчете циклической прочности;

$\sigma_{ц\,min}$ — минимальное по абсолютной величине напряжение цикла, вычисленное со своим знаком;

$\sigma_{ц\,max}$ — максимальное по абсолютной величине напряжение цикла, вычисленное со своим знаком;

$\sigma_{ц.\,ср}$ — среднее напряжение цикла;

$[\tau_{ср}]$ — допускаемое напряжение при срезе;

$[\tau_{пл}]$ — допускаемое касательное напряжение при расчете в упругопластической области;

Кинематические и геометрические параметры:

a — расчетное ускорение (линейное или угловое);

$[a]$ — допускаемое ускорение (линейное или угловое);

V — скорость ветра;

Δ — расчетное перемещение;

$[\Delta]$ — допускаемое перемещение (линейное или угловое);

$\Delta_у$ — расчетная линейная упругая деформация;

$\Theta_у$ — расчетная угловая упругая деформация;

$[\Delta_{д.у}]$ — допустимая линейная упругая деформация;

$[\Theta_{д.у}]$ — допустимая угловая упругая деформация;

$\Delta_{д.у}$ — критериальная линейная упругая деформация, превышение которой может привести к нарушению работоспособности конструкции;

$\Theta_{д.у}$ — критериальная угловая упругая деформация, превышение которой может привести к нарушению работоспособности конструкции;

$\Delta_о$ — расчетная остаточная деформация;

$\Delta_{д.о}$ — критериальная остаточная деформация, превышение которой может привести к нарушению работоспособности конструкции;

$[\Delta_{д.о}]$ — допускаемая остаточная деформация;

D_{min} — минимально допустимый диаметр барабана или блока, огибаемого канатом, измеряемый по осевой линии каната;

d — номинальный диаметр каната.

Обозначение коэффициентов

P_{σ} — расчетная вероятность рассматриваемого критерия работоспособности агрегата или его составной части расчетного цикла его применения;

$[P_{\sigma}]$ — заданное в ТЗ значение вероятности обеспечения рассматриваемого критерия работоспособности агрегата или его составной части в течение расчетного цикла его применения;

K_1 — коэффициент, зависящий от расчетного случая и назначения каната;

$K_к$ — коэффициент снижения разрывного усилия каната;

$K_{пл}$ — коэффициент пластичности;

$K_{с.п}$ — коэффициент изменения предела текучести материала в зависимости от напряженного состояния при расчете статической прочности;

$K_{зад}$ — коэффициент, учитывающий снижение прочности каната в местах его заделки;

$K_{изг}$ — коэффициент, учитывающий изгиб каната на барабане, блоке, крюке;

$K_{изн}$ — коэффициент, учитывающий износ каната;

$K_{исп}$ — коэффициент испытательной нагрузки;

N — число циклов нагружения испытываемой конструкции;

n — расчетный коэффициент запаса по рассматриваемому критерию работоспособности;

n_0 — коэффициент неучтенных факторов, общий для всех критериев работоспособности;

n_1 — коэффициент, зависящий от расчетного случая и группы составной части агрегата;

n_2 — коэффициент дополнительного запаса к разрушающей нагрузке, зависящий от отношения $\sigma_т/\sigma_в$;

n_3 — коэффициент, учитывающий способ контроля механических свойств материала;

n_4 — коэффициент дополнительного запаса устойчивости формы;

n_5 — коэффициент дополнительного запаса жесткости, зависящий от экспериментального подтверждения методики расчета;

$n_к$ — частный коэффициент запаса прочности каната;

$[n_к]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса прочности каната;

$n_у$ — расчетный коэффициент вертикальной перегрузки;

n_i — частный коэффициент запаса по рассматриваемому критерию работоспособности;

$n_{ав}$ — частный коэффициент запаса для аварийного случая нагружения;

$[n_{ав}]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса для аварийного случая нагружения;

$[n_{д.о}]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса жесткости в упругопластической области при проверке допустимости остаточных деформаций;

$n_{д.у}$ — частный коэффициент запаса жесткости при работе конструкции в упругой области;

$[n_{д.у}]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса жесткости при работе конструкции в упругой области;

$n_{с.п}$ — частный коэффициент запаса статической прочности;

$[n_{с.п}]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса статической прочности;

$n_{у.о}$ — частный коэффициент запаса устойчивости от опрокидывания;

$[n_{у.о}]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса устойчивости от опрокидывания;

$n_{у.с}$ — частный коэффициент запаса устойчивости от скольжения;

$[n_{у.с}]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса устойчивости от скольжения;

$[n_ц]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса при расчете циклической прочности;

$n_ц$ — частный коэффициент запаса при расчете циклической прочности;

n_{σ} — расчетный коэффициент запаса при расчете циклической прочности по нормальным напряжениям;

n_{τ} — расчетный коэффициент запаса при расчете циклической прочности по касательным напряжениям;

$n_{у.ф}$ — частный коэффициент запаса устойчивости формы;

α — коэффициент увеличения предела выносливости в зависимости от числа циклов нагружения;

φ — коэффициент продольного изгиба;

β — эффективный коэффициент концентрации напряжений;

ρ — коэффициент асимметрии цикла;

$[n_т]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса торможения;

$n_т$ — частный коэффициент запаса торможения.

2.3 Сокращения, применяемые в настоящем стандарте

ТЗ — техническое задание на разработку агрегата;

РЭ — руководство по эксплуатации агрегата;

НД — нормативный документ;

КД — конструкторская документация;

3 Общие требования к нормам проектирования

3.1 Расчет агрегатов и их составных частей (далее — расчет) должен определять соответствие их конструкций нагружениям, возникающим при эксплуатации, и допустимость этих нагружений.

3.2 Расчет выполняют по критериям работоспособности для определяющих (наиболее опасных) расчетных случаев, устанавливаемых в соответствии с требованиями настоящего стандарта, ТЗ, РЭ и опыта эксплуатации агрегатов-аналогов.

Устанавливают следующие критерии работоспособности:

- устойчивость положения;
- прочность;
- деформативность;
- воздействие агрегата на ракету или ее составные части.

3.3 Для расчета используют методы допускаемых нагружений с соблюдением запасов, регламентированных в настоящем стандарте, или вероятностные методы с учетом требований настоящего стандарта и требований надежности, установленных в ТЗ.

3.4 При расчете методами допускаемых нагружений должно быть выполнено условие

$$R \le [R] = \frac{R_n}{[n_i]}$$

или

$$n = \frac{R_n}{R} \ge [n_i]$$

где $[n_i]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса, вычисляемый по формуле

$$[n_i] = n_0 \, n_i,$$

где n_0 — коэффициент неучтенных факторов, общий для всех критериев работоспособности и равный:

1,10 — в общем случае, когда расчетные нагрузки отвечают требованиям раздела 5;

1,05 — если суммарное влияние не учтенных в расчете нагрузок не превышает 5 % допускаемых усилий (или других прямо связанных с ними производных факторов), а также при разовом воздействии предельных нагрузок;

1,00 — при учете 100 % нагрузок с их возможными отклонениями в неблагоприятную сторону;

n_i — частный коэффициент запаса, устанавливаемый для каждого критерия работоспособности.

3.5 При расчете вероятностными методами для каждого критерия работоспособности должно быть соблюдено условие

$$P_{\sigma} \geq [P_{\sigma}].$$

3.6 Если расчет выполнен методом допускаемых нагружений и вероятностным методом, за основу следует принимать результаты метода, который дает наибольшие допускаемые нагружения.

3.7 Проектирование и расчет агрегатов наземного оборудования производят с учетом обеспечения ими допустимых значений ускорений (нагрузок, перемещений) на корпусе РКН (или ее составных частей) в местах его стыковки с агрегатами наземного оборудования, заданных в ТЗ на разработку агрегата.

4 Классификация составных частей агрегатов

4.1 Составные части агрегатов для дифференцированного назначения коэффициентов запаса по критериям прочности и деформативности подразделяют на группы I, II и III в зависимости от характера и размера ущерба, возникающего при их поломке.

4.2 К группе I относят составные части агрегатов, поломка которых может привести к человеческим жертвам (падение, взрыв ракеты космического назначения), большому материальному ущербу и (или) к прекращению функционирования комплекса в течение длительного времени:

- опорные устройства пускового стола, непосредственно воспринимающие вес ракеты космического назначения;
- устройства для удержания РКН, не обладающей достаточной устойчивостью положения, на пусковом столе;
- грузозахватные приспособления для подъема РКН или ее составных частей, навешиваемые на крюк крана, или какого-либо другого грузоподъемного средства;
- кантователи навесные;
- гидроцилиндры подъема транспортно-установочных или поъемно-установочных агрегатов и детали их крепления;
- элементы крепления РКН при транспортировании;
- другие составные части агрегатов, отвечающие признаку группы I.

4.3 К группе II относят составные части агрегатов, поломка которых может вызвать повреждение РКН или ее составных частей и (или) остановку в работе при выполнении рабочей операции:

- составные части монтажно-стыковочных, транспортных агрегатов, ангарных тележек, башен, кабель-мачт, устройств стыковки коммуникаций;
- грузозахватные приспособления для перегрузки агрегатов комплекса или их составных частей;
- другие составные части агрегатов, отвечающие признаку группы II.

4.4 К группе III относят составные части агрегатов, поломка которых не вызывает повреждения РКН или ее составных частей и не отражается на выполнении рабочей операции:

- элементы крепления агрегатов или их составных частей при всех видах транспортирования;
- оборудование для проведения освидетельствований;
- кожухи, ограждения и другие конструкции, на которые не опирается обслуживающий персонал в процессе работы;
- другие составные части агрегатов, отвечающие признаку группы III.

4.5 Составные части агрегатов, которые по своим признакам могут быть отнесены одновременно к нескольким группам, должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к каждой из этих групп.

5 Расчетные нагрузки

5.1 Нагрузки, возникающие при эксплуатации агрегата как при выполнении требований эксплуатационной документации, так и при их нарушении в результате преднамеренных или непреднамеренных (ошибочных) действий обслуживающего персонала, делят на расчетные и нерасчетные.

Расчетные нагрузки подразделяют на рабочие, предельные и аварийные. Все исходные данные для расчета нагрузок берутся из ТЗ на агрегат. При отсутствии нормативов на расчетные нагрузки допускается их значения определять по методикам, основанным на экспериментальных и статистических данных.

Для нерасчетных нагрузок критерии работоспособности не устанавливаются и сами нагрузки в дальнейшем не рассматриваются.

5.2 К рабочим относят нагрузки, возникающие в период проведения рабочего цикла при нормальных условиях работы агрегата:

- вес агрегата, его составных частей и груза;
- ветровые нагрузки;
- инерционные нагрузки;
- газодинамические и тепловые нагрузки от воздействия газового потока;
- нагрузки от сопрягаемых смежных конструкций;
- силы трения;
- другие нагрузки, которые могут действовать на агрегат или его составные части при проведении рабочего цикла.

При действии рабочих нагрузок должны обеспечиваться критерии работоспособности, указанные в разделе 3.

5.3 К предельным относят максимальные нагрузки случайного характера, которые могут возникнуть:

- в период выполнения рабочего цикла — при наличии отклонений от нормальных условий работы агрегата, вызванных появлением неисправностей или ошибочными действиями обслуживающего персонала;
- в нерабочем состоянии — в результате воздействия природных сил (ветер, сейсмическое воздействие), уровень которых устанавливается в ТЗ, например:
- нагрузки, вызванные несрабатыванием одного из предохранительных или ограничительных устройств, срабатывание которых должно происходить в период проведения рабочего цикла при нормальных условиях работы агрегата;
- нагрузки, соответствующие максимальной настройке предохранительных или ограничительных устройств, срабатывание которых не должно происходить в период проведения рабочего цикла при нормальных условиях работы агрегата;
- ветровые нагрузки, соответствующие предельной скорости ветра;
- случайные нагрузки, прикладываемые к рукояткам, штурвалам, вороткам, рычагам и другим деталям механизмов и органов управления с ручным приводом при их заклинивании или стопорении;
- рабочие нагрузки, вероятность появления которых за весь срок эксплуатации агрегата составляет менее 0,003 (если в ТЗ не задана другая вероятность);
- монтажные нагрузки;
- другие нагрузки, отвечающие признакам предельных нагрузок.

При действии предельных нагрузок должны обеспечиваться критерии работоспособности, указанные в разделе 3. Допускаются ограничения в работе механизмов или перевод агрегата в нерабочее положение.

5.4 К аварийным относят максимальные нагрузки случайного характера, возникающие в аварийных ситуациях, оговоренных в ТЗ. Критерии работоспособности для этих ситуаций устанавливаются в ТЗ, исходя из достижения двух целей:

- сохранение жизни обслуживающего персонала;
- минимизация материального и экологического ущерба и времени восстановления агрегатов и их составных частей.

Примеры аварийных ситуаций:

- взрыв РКН на пусковом устройстве;
- столкновение агрегатов, транспортирующих РКН или ее составные части;
- появление недопустимых нагрузок на составные части агрегата, на РКН или ее составные части вследствие ошибочных или преднамеренных действий обслуживающего персонала при выполнении технологических операций агрегатами стартового или технического комплекса.

После действия аварийных нагрузок агрегат (составная часть) подлежит ремонту или замене на новый.

5.5 Все расчетные случаи (сочетания нагрузок) делят на рабочие, предельные или аварийные:

- рабочий случай включает все рабочие нагрузки, одновременное действие которых возможно при нормальных условиях работы агрегата;
- предельный случай включает одну или несколько связанных по своей природе предельных нагрузок и все возможные для рассматриваемого случая рабочие нагрузки.
- аварийный случай включает одну или несколько связанных по своей природе аварийных нагрузок и все возможные для рассматриваемого случая рабочие нагрузки.

5.6 Нагрузки, вероятность появления которых за весь срок эксплуатации агрегата менее 0,003, при отсутствии специальных требований допускается не учитывать, если их действие не может вызвать опасных последствий.

Суммарное влияние неучтенных в расчете нагрузок не должно превышать 10 % допускаемых значений усилий, моментов, напряжений или деформаций по каждому критерию работоспособности. При этом $n_0 = 1{,}10$.

6 Устойчивость положения агрегата

6.1 Расчет устойчивости положения агрегата и его составных частей должен включать проверку:

- от опрокидывания относительно всех возможных ребер опрокидывания;
- от скольжения относительно всех возможных поверхностей скольжения.

6.2 Устойчивость от опрокидывания обеспечивают выполнением условия

$$n = \frac{M_{\text{восст}}}{M_{\text{лпр}}} \geq [n_{\text{у.о}}] \text{ при } [n_{\text{у.о}}] = n_0\, n_{\text{у.о}},$$

где n_0 — см. раздел 3;

$n_{\text{у.о}}$ — см. таблицу 6.1.

Примечание — Моменты от веса составных частей агрегата, а также от веса груза должны определяться с учетом уклона опорной поверхности и деформаций конструкции.

Таблица 6.1

Вид расчетного случая			Частный коэффициент запаса устойчивости		
			от опрокидывания $n_{\text{у.о}}$	от скольжения $n_{\text{у.с}}$ в зависимости от доли сдвигающих весовых нагрузок, составляющих	
				до 10 %	100 %
Рабочий	Площадки обслуживания высотой, м	$H \leq 1{,}5$	1,15	1,15	1,30
		$1{,}5 < H \leq 3$	1,20		
		$H > 3$	1,25		
	Прочие агрегаты, кроме агрегатов, транспортирующих грузы		1,15		
Предельный	Агрегаты, транспортирующие грузы		1,2	1,00	1,10
	Прочие агрегаты		1,00		

Примечание — Коэффициенты запаса устойчивости от скольжения между крайними значениями, приведенными в таблице, в зависимости от доли весовых нагрузок, сдвигающих агрегат или его составные части, определяют линейной интерполяцией.

6.3 Устойчивость от скольжения обеспечивают выполнением условия

$$n = \frac{P_{сц}}{P_{сдв}} \geq [n_{у.с}] \text{ при } [n_{у.с}] = n_с\, n_{у.с},$$

где $[n_{у.с}]$ — суммарный минимально допустимый коэффициент запаса устойчивости от скольжения;

n_0 — см. раздел 3;

$n_{у.с}$ — см. таблицу 6.1.

7 Прочность агрегата

7.1 Общие положения

7.1.1 Расчетные нормативы распространяются на составные части агрегатов, изготовленные из сталей и алюминиевых сплавов (кроме алюминиевого литья), удовлетворяющих требованиям, установленным для механических характеристик этих материалов, и имеющих во всем диапазоне эксплуатационных температур:

$\delta \geq 5\ \%$ — для сталей;

$\delta \geq 4\ \%$ — для алюминиевых сплавов;

$KCU \geq 0{,}25$ МДж/м^2 ($\geq 2{,}5$ кгс м/см^2) — для сталей.

7.1.2 Значения механических характеристик материалов в расчетах на прочность по методу допускаемых нагружений принимают минимальными из указанных в НД или полученных в результате испытаний образцов.

7.1.3 Расчет на прочность включает в общем случае:

- расчет статической прочности;
- расчет циклической прочности;
- расчет устойчивости формы (общей и местной).

Примечание — При действии динамических нагрузок статическую прочность рассчитывают по эквивалентным статическим нагрузкам.

7.1.4 Для составных частей агрегата, прочность которых рассчитывают по специальным методикам, содержащим расчетные нормативы, учитывающие специфику их нагружения (например зубчатые передачи, контактная прочность ходовых колес и т. п.), следует применять эти нормативы.

7.2 Расчет статической прочности

7.2.1 Расчет статической прочности от действия рабочих или предельных нагрузок проводят по критериальному нагружению, соответствующему:

- при работе конструкций агрегата в упругой области — появлению напряжений, равных пределу текучести, в отдельных точках сечения;
- при работе конструкций агрегата в упругопластической области — появлению напряжений, равных пределу текучести, по всему сечению (для статически неопределимых систем количество сечений не менее двух).

7.2.2 Расчет статической прочности от действия аварийных нагрузок проводят по $\sigma_т$ или $\sigma_в$.

7.2.3 При наличии повышенных требований к снижению металлоемкости конструкции статическую прочность рассчитывают в упругопластической области.

Условия применения такого расчета:

- материал конструкции — сталь с соотношением $\sigma_т / \sigma_в \leq 0{,}75$ и $\delta \geq 10\ \%$;
- конструкция работает на изгиб или изгиб с растяжением-сжатием, при этом напряжения могут меняться по значению, но не по знаку;
- в расчетных сечениях $\tau \leq 0{,}3\ \sigma_{max}$.

7.2.4 Статическая прочность конструкции от действия рабочих или предельных нагрузок должна обеспечиваться выполнением условий, приведенных в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Упругая область	Упругопластическая область
$1\sigma \le [\sigma] = \frac{K_{с.п}\,\sigma_т}{[n_{с.п}]}$	$\sigma \le [\sigma_{пл}] = \frac{K_{пл}\,\sigma_т}{[n_{с.п}]}$, но не более 0,75 $\sigma_т$
$2\tau \le [\tau] = \frac{\tau_т}{[n_{с.п}]}$	$\tau \le [\tau_{пл}] = \frac{K_{пл}\,\tau_т}{[n_{с.п}]}$, но не более 0,75 $\tau_т$
$3P \le [P] = \frac{P_т}{[n_{с.п}]}$	$P \le [P_{пл}] = \frac{P_{пл}}{[n_{с.п}]}$, но не более 0,75 $P_{пл}$
Примечание — При отсутствии данных по $\tau_т$ следует принимать $\tau_т = 0{,}6\,\sigma_т$.	

7.2.5 Значения коэффициента $K_{с.п}$ выбирают из таблицы 7.2.

Таблица 7.2

Характер напряженного состояния	$K_{с.п}$
Растяжение, сжатие, изгиб тонкостенных сечений, эквивалентное напряжение	1,0
Изгиб толстостенных и массивных сечений	1,1
Смятие неподвижных поверхностей	1,5
Смятие поверхностей малоподвижных соединений	0,8

7.2.6 Коэффициент $K_{пл}$ вычисляют по формуле

$$K_{пл} = \frac{P_{пл}}{P_т}.$$

7.2.7 Коэффициент $[n_{с.п}]$ вычисляют по формуле

$$[n_{с.п}] = n_0\,n_{с.п} = n_0\,n_1\,n_2\,n_3,$$

где коэффициент n_0 — см. раздел 3.

Значения коэффициентов n_1, n_2, и n_3 выбирают соответственно из таблиц 7.3—7.5.

Таблица 7.3

Группа составной части агрегата	Коэффициент n_1 для случая	
	рабочего	предельного или аварийного
I	1,50	1,0
II	1,25	
III	1,15	

Примечание — Для аварийных случаев, включающих нагрузки от воздействия взрыва, коэффициент $n_1 = 0,95$.

Таблица 7.4

Материал	Коэффициент n_2 при $\sigma_т / \sigma_в$				
	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Сталь	1,02	1,05	1,10	1,20	1,30
Алюминиевый сплав	1,10	1,15	1,22	—	—

Примечания

1 Для промежуточных значений $\sigma_т / \sigma_в$ коэффициент n_2 определяют линейной интерполяцией.

2 Для составных частей агрегатов группы I предпочтительнее применять материалы с соотношением $\sigma_т / \sigma_в < 0,8$.

Таблица 7.5

Термическая обработка составных частей агрегата при изготовлении	Способ определения механических свойств материала	n_3
Материал не подвергается термической обработке	Механические свойства принимаются в соответствии с технической документацией и контролируются в установленном порядке	1,00
Материал подвергается термической обработке	Испытания каждой заготовки	1,00
	Испытания образцов от партии	1,10
	Проверка твердости каждой детали	1,15
	Проверка твердости на образцах от партии	1,20

7.2.8 Расчетные напряжения от статических нагрузок допускается вычислять без учета местных напряжений, не влияющих на общую статическую прочность конструкции.

7.2.9 Статическую прочность конструкции в аварийном случае обеспечивают выполнением условия

$$P \le [P_{ав}] = \frac{P_{ав}}{[n_{ав}]}.$$

Коэффициент $[n_{ав}]$ определяют по формуле

$$[n_{ав}] = n_0 \, n_{ав},$$

а коэффициент $n_{ав}$ — по формуле

$$n_{ав} = n_1 \, n_3.$$

Значения коэффициента n_0 определяют в соответствии с разделом 3, значения коэффициентов n_1 и n_3 — соответственно из таблиц 7.3 и 7.5.

7.2.10 Прочность по напряжениям местного смятия следует проверять раздельно от проверки общей прочности в этом же элементе конструкции.

7.2.11 В случае сложного напряженного состояния эквивалентное напряжение ($\sigma_{экв}$) вычисляют по формуле

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_4)^2\right]},$$

где σ_1, σ_2, σ_3 — расчетные напряжения по главным осям.

В случае плоского напряженного состояния, когда действуют нормальные и касательные напряжения, эквивалентное напряжение вычисляют по формуле

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}.$$

7.3 Расчет циклической прочности

7.3.1 Расчет на циклическую прочность выполняют при числе циклов нагружения конструкции более 10^5 за весь срок ее эксплуатации.

7.3.2 Расчет циклической прочности выполняют от расчетного сочетания номинальных рабочих нагружений или рабочих нагрузок, определяемых по средним статистическим значениям.

При этом не учитывают:

- случайные нагрузки, создаваемые весом и мускульной силой человека;
- динамические нагрузки, вызванные действием ветра.

Если амплитуда переменной составляющей расчетного напряжения не превышает 25 % максимального напряжения цикла, расчет циклической прочности допускается не выполнять.

7.3.3 Циклическая прочность конструкции должна обеспечиваться выполнением следующих условий:

$$\sigma_{ц} \le [\sigma_{ц}] = \frac{\sigma_{вын}}{[n_{ц}]}$$

$$\text{или } \tau_{ц} \le [\tau_{ц}] = \frac{\tau_{вын}}{[n_{ц}]},$$

где $\tau_{вын} = 0{,}6\sigma_{вын}$.

Коэффициент $[n_{ц}]$ определяют по формуле

$$[n_{ц}] = n_0 \, n_{ц},$$

а коэффициент $n_{ц}$ по формуле

$$n_{ц} = n_1 \, n_3.$$

Коэффициенты n_1 и n_3 определяют по таблицам 7.3 и 7.5 соответственно, коэффициент n_0 — в соответствии с разделом 3.

7.3.4 Предел выносливости стали вычисляют по формуле

$$\sigma_{вын} = \frac{2\sigma_{-1}}{\beta(1-\rho) \pm \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{в}}(1+\rho)}, \qquad (7.1)$$

а коэффициент асимметрии цикла — по формуле

$$\rho = \frac{\sigma_{ц\,min}}{\sigma_{ц\,max}}.$$

В знаменателе формулы (7.1) в зависимости от среднего напряжения цикла принимают знаки:

знак «+» — при $\sigma_{ц.ср} = \frac{\sigma_{ц\,min} - \sigma_{ц\,max}}{2} \geq 0$ (растяжение),

знак «—» — при $\sigma_{ц.\,ср} < 0$ (сжатие).

7.3.5 При плоском напряженном состоянии циклическую прочность конструкции обеспечивают выполнением условия

$$\frac{n_\sigma n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}} \geq [n_ц].$$

7.4 Расчет устойчивости формы

7.4.1 При расчете устойчивости формы от действия рабочих, предельных или аварийных нагрузок должно быть обеспечено выполнение одного из следующих условий:

$$P \leq [P] = \frac{P_{кр}}{[n_{у.\,ф}]}; \qquad (7.2)$$

$$\sigma_{сж} \leq [\sigma_{сж}] = \frac{\sigma_{кр}}{[n_{у.\,ф}]}; \qquad (7.3)$$

$$\sigma_{сж} \leq [\sigma_{сж}] = \frac{\varphi\sigma_т}{[n_{у.\,ф}]}; \qquad (7.4)$$

$$\tau_{ср} \leq [\tau_{ср}] = \frac{\tau_{кр}}{[n_{у.\,ф}]}. \qquad (7.5)$$

Примечания

1 Формулу (7.2) применяют для тех случаев, когда напряжения от $P_{кр}$ не превышают $\sigma_т$.

2 Формулу (7.4) применяют для расчета сжатых или сжато-изогнутых стержней.

3 Если $\sigma_{кр} > \sigma_т$ (или $\tau_{кр} > \tau_т$), то в формулу (7.3) или (7.4) подставляют $\sigma_{кр} = \sigma_т$ (или $\tau_{кр} = \tau_т$).

4 Напряжения $\sigma_{сж}$ и $\tau_{ср}$ определяют без учета местных ослаблений, а коэффициент φ — по методикам, разработанным с учетом статистических данных.

7.4.2 Коэффициент $[n_{у.ф}]$ вычисляют по формуле

$$[n_{у.ф}] = n_0\, n_{у.ф},$$

где $n_{у.ф} = n_4\, n_{с.\,п}$.

Коэффициент n_4 принимают равным:

1,0 — при расчете общей устойчивости по формуле (7.4) и местной устойчивости — по формулам (7.2)—(7.5);

1,2 — при расчете общей устойчивости по формулам (7.2) и (7.4).

Коэффициент n_0 определяют в соответствии с разделом 3.

7.4.3 Расчетная гибкость элементов конструкций не должна превышать максимально допустимых значений, приведенных в таблице 7.6.

Таблица 7.6

Группа составной части агрегата	Элемент конструкции	Максимально допустимая гибкость элементов			
		сжатых		растянутых	
		Сталь	Алюминиевый сплав	Сталь	Алюминиевый сплав
I	Силовой	120	80	150	120
	Несиловой	150	100	200	180
II и III	Силовой				
	Несиловой	200	130	300	250

8 Деформативность конструкций агрегата

8.1 Деформативность конструкций оценивают значениями упругих и остаточных деформаций.

8.2 Деформации конструкции ограничиваются условиями, обеспечивающими работоспособность агрегата и его составных частей.

8.3 Допустимость упругих деформаций должна быть обеспечена выполнением следующих условий:

$$\Delta_{у} \le [\Delta_{д.у}] = \frac{\Delta_{д.у}}{[n_{д.у}]};$$

$$\Theta_{у} \le [\Theta_{д.у}] = \frac{\Theta_{д.у}}{[n_{д.у}]}.$$

8.4 Коэффициент $[n_{д.у}]$ определяют по формуле

$$[n_{д.у}] = n_0 \, n_{д.у},$$

а коэффициент $n_{д.у}$ по формуле

$$n_{д.у} = n_1 \, n_5.$$

Коэффициент n_0 принимают в соответствии с разделом 3, а коэффициент n_1 — по таблице 7.3. Значения коэффициента n_5 определяют по таблице 8.1.

Таблица 8.1

Наличие экспериментальных данных по деформативности конструкции	Коэффициента n_5 для	
	агрегатов в сборе; отдельных составных частей агрегатов, включающих взаимно подвижные элементы	отдельных составных частей агрегатов, включающих только взаимно неподвижные элементы
Имеются экспериментальные данные, подтверждающие методику определения деформаций рассчитываемой конструкции	1,0	1,0
Имеются экспериментальные данные, подтверждающие методику определения деформаций аналогичных конструкций	1,2	1,1
Экспериментальные данные отсутствуют	1,4	1,2

8.5 Допустимость остаточных деформаций должна быть обеспечена выполнением условия

$$\Delta_0 \le \frac{\Delta_{д.о}}{[n_{д.о}]}.$$

Коэффициент $[n_{д.о}]$ вычисляют по формуле

$$[n_{д.о}] = n_0 n_1.$$

Значения коэффициента n_0 принимают в соответствии с разделом 3, а значения коэффициента n_1 выбирают из таблицы 7.3.

9 Воздействие агрегата на ракету космического назначения или ее составные части

9.1 Допустимость воздействия агрегата на ракету космического назначения или ее составные части обеспечивается выполнением следующих условий:

а) по непревышению ускорений — $a \le [a]$;

б) по непревышению нагрузок (усилий, моментов) $P \le [P]$;

в) по непревышению удельных давлений $q \le [q]$;

г) по непревышению перемещений $\Delta \le [\Delta]$.

9.2 Допустимые параметры воздействия относят к местам непосредственного контакта агрегата с соответствующими поверхностями РКН или ее составных частей, при этом указывают, какому виду расчетного случая они соответствуют: рабочему, предельному или аварийному.

9.3 При необходимости отсутствия силового воздействия на соответствующие поверхности РКН или ее составных частей (требование гарантированного зазора) должно соблюдаться условие $\Delta \ge [\Delta]$.

9.4 Для экспериментального подтверждения условий допустимости воздействия агрегата на ракету космического назначения или ее составные части измеряют параметры a, P, q, Δ на опытных образцах агрегатов при их изготовлении и испытаниях в составе комплекса и одновременно на корпусе РКН (или ее составных частей) в местах стыковки с наземным оборудованием в соответствии с требованием ТЗ.

10 Особенности расчета отдельных видов агрегатов и их составных частей

10.1 Расчет агрегатов, имеющих в своем составе механизмы и устройства с ручным приводом

10.1.1 Максимально допустимые усилия для руки человека, прикладываемые к рукояткам (штурвалам, рычагам, маховикам) ручных приводов или устройств в пределах их рабочих диапазонов, не должны превышать:

- 315 Н (32 кгс) — при работе не более 1 мин;
- 155 кН (16 кгс) — при работе более 1 мин.

Коэффициент одновременности использования усилий при работе двух человек следует принимать равным 0,8.

10.1.2 Прочность механизмов или устройств с ручным приводом должна быть обеспечена на случай их стопорения или заклинивания (предельный случай).

Предельные нагрузки для этого случая следует принимать:

- по максимальной нагрузке этого устройства — для механизмов, имеющих устройства ограничения нагрузок;
- по данным, приведенным в таблице 10.1 — для остальных механизмов.

Таблица 10.1

Привод механизма	Усилие, Н (кгс)
Тяговая цепь: вертикальное положение горизонтальное положение	 1270 (130) 880 (90)
Штурвал (вороток), диаметр (свободная длина) которого не более 70 мм	315 (32)
Вентиль или талреп без воротка	155 (16)
Прочие приводы	640 (65)

10.2 Нагрузки на конструкции, создаваемые мускульной силой и весом человека

10.2.1 Рабочую нагрузку, создаваемую весом человека, принимают равной 1270 Н (130 кгс).

10.2.2 Горизонтальную нагрузку, передаваемую человеком на перила (ограждения), принимают равной 440 Н (45 кгс) и прикладывают с шагом не менее 1 м, а нагружение считают предельным.

10.2.3 Точки приложения нагрузок по 10.2.1 следует выбирать, исходя из одновременного расположения в наиболее неблагоприятных местах конструкции максимально возможного количества людей. При этом интервалы между точками приложения нагрузок следует принимать (если иное не оговорено в ТЗ):

- на площадках — не менее 0,5 м между точками и 0,15 м от края площадки;
- на лестницах — не менее 2 м по высоте или 0,5 м по горизонтали.

10.2.4 Расчетную наветренную площадь одного человека принимают равной 1 м^2, а высоту центра ветрового давления — 1 м от опорной поверхности.

10.3 Расчет агрегатов, осуществляющих перегрузку и кантование груза

10.3.1 Коэффициент n_y для свободно подвешенного груза определяют динамическим расчетом с учетом податливости подвески и металлоконструкции крана или другого грузоподъемного средства.

Допускается выбирать значения n_y из таблицы 10.2.

Таблица 10.2

Тип крана	Значения коэффициента n_y при скорости подъема (опускания) груза, м/с							
	до 0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Стреловые	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,23	1,27	1,30
Мостовые и козловые	1,20	1,26	1,31	1,37	1,43	1,48	1,54	1,60

Примечание — Для промежуточных скоростей подъема (опускания) груза коэффициент n_y определяют линейной интерполяцией.

10.3.2 При расчете устойчивости положения агрегата угол наклона рабочей площадки, если он не задан в ТЗ, принимают равным 3°.

10.3.3 Значения коэффициента $[n_т]$ для механизма передвижения агрегата или его составных частей определяют по формуле

$$[n_т] = n_0 \, n_{у.с} .$$

Коэффициент n_0 принимают в соответствии с разделом 3, а коэффициент $n_{у.с}$ — по таблице 6.1.

10.3.4 Значения коэффициента $[n_т]$ для каждого из двух независимо действующих тормозов механизма подъема груза и изменения вылета стрелы определяют, исходя из удержания всего груза одним тормозом, по формуле

$$[n_т] = n_0 \, n_т .$$

Коэффициент n_0 принимают в соответствии с разделом 3, а коэффициент $n_т$ — не менее 1,15.

Расчет механизма подъема с двумя приводами выполняют, исходя из подъема всего груза одним приводом, а коэффициент $n_т$ для одного тормоза принимают равным:

- $n_т \geq 1{,}15$ — если на каждом приводе установлено по одному тормозу;
- $n_т \geq 1{,}00$ — если на каждом приводе установлено два независимо действующих тормоза.

Нагрузки, возникающие при этом в элементах привода, считаются предельными.

10.3.5 При оценке изменчивости параметров ветрового воздействия по времени в зависимости от продолжительности рассматриваемого процесса следует руководствоваться параметрами ветрового воздействия, приведенными в таблице 10.3.

Таблица 10.3

Параметр ветрового воздействия	Состояние параметров при продолжительности процесса, мин			
	до 1	от 1 до 3	от 3 до 15	15 и более
Скорость ветра	Не изменяется	Изменяется от нуля до расчетной скорости		
Направление ветрового потока по отношению к начальному направлению	То же	Изменяется на угол ±90°		Изменяется на угол ±180°

При скоростях ветра свыше 10 м/с допускается использовать другие значения изменчивости направления ветра при наличии специального обоснования.

10.4 Расчет грузозахватных средств

10.4.1 При наличии нескольких (более одного) грузозахватных средств, работающих параллельно через уравнительный механизм, каждое из них должно быть рассчитано с учетом возможного повышения нагрузок за счет трения во всей системе.

10.4.2 При наличии в грузозахватном средстве нескольких ветвей (подвесок, работающих параллельно без уравнительного механизма) каждая из них должна быть рассчитана с учетом возможного ослабления любых лишних связей. Возникающие при этом нагрузки в ветвях считаются рабочими.

10.5 Расчет монтажно-стыковочного оборудования

10.5.1 Механизмы и устройства, создающие продольные и поперечные усилия стыковки (отстыковки), должны быть проверены расчетом на непревышение допустимых усилий, передаваемых на стыки.

10.5.2 Достаточность продольных усилий стыковки должна быть проверена расчетом по условию буксования ведущих колес агрегата.

10.6 Расчет канатов

10.6.1 Прочность каната должна быть обеспечена выполнением условия

$$S_к \leq [S_к] = \frac{K_к S_{разр}}{[n_к]}.$$

Значения $S_{разр}$ принимают в соответствии с НД.

Коэффициент $K_к$ вычисляют по формуле

$$K_к = K_{изг} K_{изн} K_{зад}.$$

Значения коэффициента $K_{изг}$ приведены в таблице 10.4.

Таблица 10.4

Тип каната	Значения коэффициента $K_{изг}$ при D_{min}/d	
	< 33	≥ 33
Канаты с линейным контактом	$0{,}56\sqrt[6]{\frac{D_{min}}{d}}$	1
Прочие канаты	$0{,}32\sqrt[3]{\frac{D_{min}}{d}}$	

Диаметр D_{min} следует принимать:
$10d$ — для уравнительного блока;
$11{,}5d$ — для барабана с нарезкой, соответствующей профилю каната;
$13d$ — для барабана без нарезки или блока;
$21d$ — для канатоведущего шкива.
Коэффициент $K_{изн}$ выбирают на таблицы 10.5.

Таблица 10.5

Тип каната и условия его работы	$K_{изн}$ при числе циклов нагружения			
	до 500 включ.	от 501 до 1000 включ.	от 1001 до 2000 включ.	от 2001 до 5000 включ.
Канаты с защитным покрытием, эксплуатируемые на открытом воздухе, и канаты, эксплуатируемые и хранящиеся в помещении	1,00	0,95	0,90	0,85
Канаты без защитного покрытия, эксплуатируемые на открытом воздухе	0,95	0,90	0,85	0,80

Коэффициент $K_{зад}$ принимают:
- в местах заделки — в соответствии с данными, приведенными в таблице 10.6;
- в остальных сечениях — 1,00

Таблица 10.6

Вид заделки каната	$K_{зад}$
Заливка втулки легкоплавким металлом	1,00
Заплетка на коуш	0,80
Обжатие в гильзе	0,90
Зажимы болтовые	0,85

Коэффициент $[n_к]$ вычисляют по формуле

$$[n_к] = n_{0*} K_1 .$$

Значения коэффициента n_0 принимают в соответствии с разделом 3, а значения коэффициента K_1 выбирают из таблицы 10.7.

Таблица 10.7

Назначение каната	Значения коэффициента K_1 для случая	
	рабочего	предельного
Канаты для подъема людей и канаты страховочных устройств	4,0	1,8
Канаты для подъема груза и составных частей агрегата	2,7	1,6
Канаты оттяжек и тяговые	2,0	1,5

10.6.2 Прочность канатных петель, надеваемых на крюк крана, должна быть проверена расчетом на случай работы с крюком минимальной грузоподъемности.

10.6.3 Коэффициент $[n_{с.п}]$ для деталей канатных сборок определяют в соответствии с требованиями 7.2.7 как для составных частей группы I.

10.7 Расчет гидравлических систем

10.7.1 Давления, создаваемые рабочей жидкостью, подразделяют на рабочие и предельные.

10.7.2 К расчетному рабочему давлению в гидравлической системе относят:

- давление, вызываемое действием рабочих нагрузок;
- давление при пуске, движении или остановке механизмов в процессе выполнения рабочего цикла.

10.7.3 К расчетному предельному давлению в гидравлической системе относят:

- давление, вызываемое действием предельных нагрузок;
- давление, вызываемое максимально возможным изменением температуры рабочей жидкости в процессе эксплуатации агрегата;
- давление, соответствующее максимальной настройке предохранительного клапана, срабатывание которого не должно происходить в период проведения рабочего цикла при нормальных условиях работы агрегата.

11 Силовые испытания

11.1 Общие положения

11.1.1 При силовых испытаниях проверяют устойчивость положения, прочность и деформативность агрегатов и их составных частей, а также герметичность гидравлических систем.

11.1.2 Силовые испытания подразделяют следующим образом:

- статические неразрушающие (далее — статические) — для проверки устойчивости положения, прочности и деформативности агрегатов и их составных частей;
- статические разрушающие (далее — разрушающие) — для проверки фактической прочности специально изготовленных образцов агрегатов и их составных частей (например разрушающие испытания канатных сборочных единиц после заделки концов каната);
- динамические — для проверки прочности и деформативности при функционировании агрегатов и их составных частей;
- испытания гидравлических систем и их составных частей — для проверки герметичности.

11.1.3 Силовые испытания проводят:

- при изготовлении агрегата в два этапа:

1) испытания составных частей агрегата,

2) испытания полностью собранного агрегата;

- при полных периодических технических освидетельствованиях;
- при внеочередных полных технических освидетельствованиях.

11.1.4 Силовым испытаниям при полных периодических технических освидетельствованиях подвергают полностью собранные агрегаты.

11.1.5 Силовым испытаниям при внеочередных полных технических освидетельствованиях подвергают как полностью собранные агрегаты, так и их составные части.

Если испытания проводят вследствие изменения условий эксплуатации, агрегаты допускаются к ним после подтверждения расчетом их устойчивости положения и прочности.

11.1.6 Объем и периодичность проведения испытаний устанавливают в КД.

11.1.7 В процессе испытаний должны быть созданы нагружения, имитирующие определяющие (наиболее опасные) расчетные случаи для каждой испытуемой конструкции по каждому критерию работоспособности.

11.1.8 После проведения силовых (неразрушающих) испытаний конструкция остается пригодной к эксплуатации.

11.2 Требования к испытательным нагрузкам

11.2.1 Нагружения конструкций при испытаниях создают приложением испытательных нагрузок, силой тяжести испытуемой конструкции, а при динамических испытаниях — и ее инерции.

При силовых испытаниях не полностью собранного агрегата отсутствующие составные части должны быть заменены нагрузками, имитирующими действие этих составных частей на конструкции.

Если нагружение конструкции при статических испытаниях проводят подъемом — опусканием испытательного груза с помощью грузоподъемного крана, то инерционные нагрузки в вес груза не включают.

1.2.2 Если нагружения, имитирующие рабочий и предельный случаи, различаются только значениями нагрузок, допускается проводить испытания только на один определяющий случай.

11.2.3 Испытательные нагрузки, а для гидравлических систем также и испытательные давления, вычисляют соответственно по формулам:

$$P_{исп} = P K_{исп};$$

$$p_{исп} = p K_{исп}.$$

$K_{исп}$ для рабочих случаев выбирают:

- из таблицы 11.1 — при проверке устойчивости положения;
- из таблицы 11.2 — при проверке прочности и деформативности.

Значения $K_{исп}$ для предельных случаев и проверки гидравлических систем и их составных частей на герметичность принимают равными 1,00.

Таблица 11.1

Устойчивость положения агрегатов	Тип агрегата	$K_{исп}$
От опрокидывания	Все агрегаты, кроме транспортирующих груз по автомобильным дорогам и площадок обслуживания	$\frac{1,15}{1,00}$
	Агрегаты, транспортирующие груз по автомобильным дорогам	1,2
	Площадки обслуживания высотой, м:	
	до 1,5 (включ.)	$\frac{1,15}{1,00}$
	св. 1,5 до 3,0 (включ.)	$\frac{1,20}{1,00}$
	св. 3,0	$\frac{1,25}{1,00}$
От скольжения	Все агрегаты	$\frac{1,35}{1,00}$

Значения $K_{исп}$, приведенные в числителе таблиц 11.1 и 11.2, применяют для нагрузок, увеличение которых уменьшает расчетный коэффициент запаса, а в знаменателе — для нагрузок, увеличение которых увеличивает расчетный коэффициент запаса.

Таблица 11.2

Этап испытаний	Испытываемая конструкция	$K_{исп}$ при испытаниях	
		статических	динамических
Первый	Составные части агрегатов, кроме составных частей гидравлических систем, канатных сборок и заделки канатов	$\frac{1,15}{1,00}$	$\frac{1,15}{1,00}$
	Составные части гидравлических систем:		
	группы I	$\frac{1,50}{1,00}$	—
	группы II	$\frac{1,25}{1,00}$	—
	Канатные сборки и заделка канатов	1,50	—
Второй	Полностью собранные агрегаты, кроме транспортирующих груз	$\frac{1,15}{1,00}$	$\frac{1,15}{1,00}$
	Агрегаты, транспортирующие груз	$\frac{1,15}{1,00}$	1,00

Примечания

1 При определении испытательных нагрузок для динамических испытаний в расчетные нагрузки не включают динамические нагрузки, создаваемые движущимися массами в процессе испытаний.

2 Динамические испытания гидросистем не проводят.

3 Значения $K_{исп}$ распространяются на все виды испытаний, приведенные в 11.1.3.

11.2.4 Фактические испытательные нагрузки не должны отличаться от нормативных более чем на 5 %.

Значения $K_{исп}$, приведенные в числителе таблиц 11.1 и 11.2, применяют для нагрузок, увеличение которых уменьшает расчетный коэффициент запаса, а в знаменателе — для нагрузок, увеличение которых увеличивает расчетный коэффициент запаса.

Допускается превышение фактической испытательной нагрузки (для гидросистем — испытательного давления) более чем на 5 % по сравнению с нормативной:

- для разрушающих испытаний;
- для статических и динамических испытаний — при условии сохранения допустимых запасов, установленных для предельных случаев, по всем критериям работоспособности конструкции.

11.2.5 При разрушающих испытаниях нормативная разрушающая нагрузка должна рассчитываться с учетом минимальных значений механических свойств материала, особенностей работы конструкции в упруго-пластической области, а, при необходимости, и с учетом допусков на определяющие размеры конструкции.

11.3 Требования к отдельным видам испытаний

11.3.1 Статические испытания для проверки устойчивости положения агрегатов проводят однократным приложением испытательных нагрузок с выдержкой под нагрузкой не менее 10 мин.

11.3.2 Статические испытания для проверки прочности и деформативности агрегатов проводят двухкратным приложением испытательных нагрузок с выдержкой под нагрузкой не менее 10 мин. Перед проведением испытаний должно быть проведено однократное нагружение испытуе-

мой конструкции испытательными нагрузками с выдержкой 15 мин с целью снятия предварительных (сварочных и монтажных) напряжений.

11.3.3 Статические испытания для проверки прочности и деформативности агрегатов при полных периодических и внеочередных технических освидетельствованиях проводят однократным приложением испытательных нагрузок с выдержкой под нагрузкой не менее 10 мин.

Нагружение конструкций с целью снятия предварительных напряжений не проводят.

При проверке устойчивости от опрокидывания агрегатов, у которых вес груза создает опрокидывающий момент, допускается прикладывать к агрегату испытательную нагрузку, имитирующую только вес груза с коэффициентом $K_{исп}$, определяемым из условия создания необходимого опрокидывающего момента при обеспечении прочности.

11.3.4 Устойчивость от скольжения проверяют по отсутствию скольжения агрегата во время действия испытательных нагрузок.

11.3.5 Динамические испытания проводят выполнением агрегатами и их составными частями технологической операции либо в полном объеме, либо в части, содержащей определяющие расчетные случаи, при действии испытательных нагрузок. Число нагружений должно устанавливаться, исходя из требований КД, но не менее трех.

11.3.6 Динамические испытания при полных периодических и внеочередных технических освидетельствованиях проводят однократным нагружением.

11.3.7 Герметичность гидравлических систем и их составных частей при испытаниях определяют по отсутствию утечек рабочей жидкости свыше значений, указанных в КД, при действии расчетного давления в течение 5 мин.

УДК 621.86:629.76:006.354 ОКС 49.100 Д18 ОКСТУ 7503

Ключевые слова: технологическое оборудование, стартовый комплекс, технический комплекс, нагружение, расчетная нагрузка, коэффициент запаса, испытательная нагрузка

Редактор *Р. С. Федорова*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *С. И. Фирсова*
Компьютерная верстка *З. И. Мартыновой*

Изд. лиц. № 021007 от 10.08.95 г. Сдано в набор 01.06.99. Подписано в печать 29.07.99. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,45.
Тираж 187 экз. С 3405. Зак. 1449.

ИПК Издательство стандартов,107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Набрано в Калужской типографии стандартов на ПЭВМ.
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256.
ПЛР № 040138

gost.e-ecolog.ru